

⑬ 日本国特許庁 (JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A)

昭60—19107

⑤ Int. Cl.<sup>4</sup>  
G 02 B 6/12

識別記号

庁内整理番号  
7370—2H

⑬ 公開 昭和60年(1985)1月31日

発明の数 1  
審査請求 未請求

(全 5 頁)

⑭ 光導波路の製造方法

京都市右京区花園土堂町10番地  
立石電機株式会社内

⑯ 特 願 昭58—127489

⑰ 発 明 者 加藤充孝

⑱ 出 願 昭58(1983)7月12日

京都市右京区花園土堂町10番地  
立石電機株式会社内

⑲ 発 明 者 三上和夫

⑳ 出 願 人 立石電機株式会社

京都市右京区花園土堂町10番地  
立石電機株式会社内

京都市右京区花園土堂町10番地

㉑ 発 明 者 山下牧

㉒ 代 理 人 弁理士 中村茂信

明 細 書

1. 発明の名称

光導波路の製造方法

2. 特許請求の範囲

(1) 紫外光が照射されると屈折率が変化する透明な光重合溶液のフィルム状膜の表面に紫外光を照射して、前記フィルム状膜の膜厚方向に屈折率分布を形成し、その後前記フィルム状膜の表面に中央部が弱で周辺部になる程強である強度分布を持つ紫外光を照射し、前記フィルム状膜の水平面方向にも屈折率分布を形成し、前記フィルム状膜で光導波路を構成することを特徴とする光導波路の製造方法。

3. 発明の詳細な説明

(4) 発明の分野

この発明は光導波路、特にグレーテッドインデックス形光ファイバとの接続が可能なる多モード屈折率分布形の光導波路の製造方法に関する。

(4) 従来技術とその問題点

従来、光導波路を作成するのに、選択光重合法

により高分子光導波路を得るようにしている。しかしながら選択光重合法により得られる光導波路は、コア部の屈折率が一定なステップインデックス形であるため、ステップインデックス形の光ファイバとは整合性がよいが、広帯域光伝送用のグレーテッドインデックス形光ファイバと接続する場合には整合性が悪く、接続損失の増大、光モードの分散による伝達遅れなどを招来するという問題があつた。

すなわち、従来の光導波路は、第1図(a)に示すように、たとえばキャストイングにより形成したフィルム1上に、作成すべき光導波路幅に相当する幅を持つマスク2を配置し、その上から紫外光3を照射し、マスク2により遮光されないフィルム1の部分に、光重合によりクラッド部4を形成し、マスク2により遮光されるフィルム1の部分に、光重合が起らないので母材そのまゝの高屈折率のコア部5を形成するようにしている。この光導波路において、深さ方向X-Y断面で見た屈折率分布は第1図(b)に示すようになり、略一定

である。また幅方向 $X-Y$ 断面で見た屈折率分布は第1図(c)に示すようになり、幅方向も屈折率が略一定となり、この光導波路はステップインデックス形であることがわかる。

ところで、一般に光導波路を用い、高速光伝送、光情報処理を行なう場合、光ファイバとしてはコア部に屈折率分布(二乗分布)のあるグレーテッドインデックスファイバを用い、光のモード分散を低減させる必要がある。しかし、上記のように従来の光導波路はステップインデックス形であるため、グレーテッドインデックスファイバと結合する際コア部の屈折率分布の整合がとれずモード分散が大きくなり、光伝送信号の遅れ、波形ひずみが増大するという欠点があつた。

#### (i) 発明の目的

この発明の目的は、上記に鑑み、光導波路のコア部の屈折率分布が略二乗分布となるような光導波路を製作し得る光導波路の製造方法を提供することである。

#### (ii) 発明の構成と効果

遅れ波形ひずみが低減される。そのため、この発明の実施によつて得られる光導波路は、光ファイバセンサや高速光伝送、高速光情報処理等へ広く利用することができる。

次に、この発明の採用原理について、第2図ないし第4図により若干説明する。

第2図はキャスティング溶液の蒸発時間に対する光重合後の屈折率変化の関係を示している。

図に示すように、蒸発時間が短く、溶媒及びモノマの蒸発量が小さいほど、すなわち含有モノマ量が多いほど、光重合後の屈折率の変化 $\Delta n$ が大きく、逆に蒸発時間が長いほど、屈折率の変化 $\Delta n$ が小さくなる。すなわち蒸発時間 $T_1 < T_2 < T_3$ に対して、屈折率変化は $\Delta n_1 > \Delta n_2 > \Delta n_3$ の関係がある。

また蒸発時間が短かいほど、光重合後のフィルム表面の屈折率変化は大きいが、母材とモノマの相分離による散乱が大きく、深くまで紫外光が到達しないのでフィルム裏面付近での屈折率変化は急激に減少する。今、第3図(a)に示すように、

上記目的を達成するために、この発明の光導波路の製造方法は紫外光が照射されると屈折率が変化する透明な光重合溶液のフィルム状膜の表面に紫外光を照射して、前記フィルム状膜の膜厚方向に屈折率分布を形成し、その後前記フィルム状膜の表面に中央部が弱で、周辺部になる程強である強度分布を持つ紫外光を照射し、前記フィルム状膜の水平幅方向にも屈折率分布を形成し、前記フィルム状膜で光導波路を構成する。

この発明によれば、紫外光による光重合タイミングを2回に分け、先ず深さ方向への紫外光の減衰度合を利用して、膜厚方向に屈折率分布を形成し、幅方向へは紫外光の強度を利用して屈折率分布を形成するものであり、このようなフィルム状膜を用いて光導波路を構成するものであるから、略二乗分布の屈折率分布を持つ光導波路を得ることができる。また、このようにして得られた光導波路をグレーテッドインデックスファイバに結合するとコアの屈折率分布の整合がとれるので、接続損失が減少し、光のモード分散による光信号

第1図(a)と同様のフィルムで、蒸発時間のみを非常に短かくし、光重合をして得られる光導波路の深さ方向と幅方向の屈折率分布を示すと第3図(b)、第3図(c)に示すようになる。第3図(b)で明かなように、コア部5とクラッド部4の界面での屈折率差分布は表面付近で大であり、裏面付近では急激に減少している。すなわち深さ方向の屈折率分布は略二乗分布に近い形である。これに対し、コア部5の幅方向の屈折率分布は第3図(c)に示すように一定となり、ステップインデックス形となつている。

第4図は、紫外光の照射量 $I$ と光重合率 $\alpha$ の関係を示している。図に示すように、照射量 $I$ が大となるほど、光重合率 $\alpha$ が大となる。紫外量の照射量が大となるほど母材とモノマの重合する割合が大となり母材に対する光重合後の屈折率変化も大きくなる。すなわち紫外光の照射量によつて屈折率をコントロールすることができる。

この発明は、上記した、短い蒸発時間後の光重合では、深さ方向に略二乗分布の屈折率分布が生

じ、紫外光の照射量を変えると光重合率が変わり、屈折率も異なるという2つの原理を利用している。

#### 実施例の説明

以下、実施例によりこの発明をさらに詳細に説明する。

第5図は、この発明の実施例の1過程を示す断面図である。同図において10はキャスト容器、11はキャスト容器10内のキャスト溶液を水平に保つための水準器、12は平行な紫外光線13を発生する紫外線露光装置である。

先ず最初に光導波路の深さ方向（膜厚方向）に二乗分布の屈折率分布を形成する。そのためキャスト溶液をキャスト容器10内に入れる。キャスト容器10はたとえば塩化メチレン $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ でキャスト溶液を入れる前に予備洗浄しておく。キャスト溶液としては、母材としてたとえばビスフェノールZ系ポリカーボネートPCZ70g、モノマとしてアクリル酸メチルMA42ml、溶媒として塩化メチレン $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ 1000g、光増感材としてベンゾインエチルエーテルBZE2.1g、紫

外光としてハイドロキノンHQ0.07gをブレンドしたものを使用する。

キャスト溶液の量は膜厚が $100\mu\text{m}$ となるように調整する。また液面は水準器11を調整して水平にする。

次にキャスト容器10を半密閉状態にして、チツソガスを $100\text{ml}/\text{分}$ で100分間流し、その後モノマ蒸気を20分間流して、溶媒及びモノマの一部を蒸発させ、シート状の透明な半固形状フィルム14を作成する。

次に紫外線露光装置12を作動させ、紫外光13を発生させ、約5分間フィルム14に照射する。

以上の処理が施されたフィルム14は、第6図(a)、及び(b)に示すようにフィルム14の表面14a付近では光重合を強く受け、裏面14b付近では紫外光の影響をほとんど受けず、したがって表面14a付近で屈折率が非常に小さくなるに対し、裏面14b付近では母材であるPCZと等しい屈折率になり、その間の屈折率分布は略二乗分布となる。

第5図において、紫外線露光後、さらにチツソガスを $100\text{ml}/\text{分}$ で50分間流し、その後モノマ蒸気を20分間流して、さらに溶媒およびモノマの一部を蒸発させる。

次に、光導波路の幅方向に二乗分布の屈折率分布を形成する過程を説明する。

第8図は、この過程を説明するための断面図である。第5図に示すものに付加してフィルム14上にマスクパターン16を持つフォトマスク板15が乗せられている。このマスク板15のマスクパターン16は、第7図(a)に示すように、光導波路のコア部幅に対して中心部から周辺部にかけて、透過率が順次大きくなるように構成されている。そのため、紫外光の透過量は第7図(b)に示すように中心部ほど小さく周辺部へ行くにしたがい大きくなっている。このようなマスクパターンは、例えば $0.1\mu\text{m}$ 程度のクロムマスクパターンの組合せで露光を形成することにより実現される。

第8図において、蒸発時間を充分長くしつつ状態、紫外線露光装置12を作動させ、マスク板

15の上から、紫外光13を照射する。これにより、コア部の中央部は余り光重合を受けず、周辺部は大きく光重合を受けるので、周辺部ほど母材に対する屈折率変化が大となる。すなわち光導波路の幅中心付近が最も屈折率が大きく、周辺部ほど小さくなり、略二乗分布の屈折率分布が幅方向に形成される。

上記露光の完了後、後処理として、30分以上常温で放置した後、キャスト容器20毎、真空乾燥機（図示せず）に移し、 $90^\circ\text{C}$ で約10時間乾燥させる。次に表面を低屈折率のコーティング剤で厚さ $10\mu\text{m}$ にパーコートし、コート層21（第9図(a)参照）を形成し、熱風乾燥機で $90^\circ\text{C}$ で5時間乾燥する。

さらに、以上の手順で作成した光導波路2個22、23を第9図(b)に示すように重ね合わせる。これにより、深さ方向と幅方向の屈折率分布が第9図(b)及び(c)に示すような、 $200 \times 200\mu\text{m}$ の光導波路24を得ることができる。この光導波路24は略二乗分布の屈折率分布を持つので、コア径 $200\mu$

mの大口径グレーデッドインデックスファイバと整合よく結合することができる。

なお、上記実施例において、フィルムはキャスト法により作成する場合について説明したが、他の方法、たとえばスピナー等による遠心力で膜を作成してもよい。

また上記実施例において、幅方向の屈折率分布を形成するのに、マスク板を用いて行なっているが、レーザ光を光変調および光偏向することにより光を選択的にスキヤニングしてもよい。

上記実施例においては、最終的に2個の光導波路を貼り合わせる場合について説明したが、表面及び裏面を同時露光して一体的に屈折率分布形光導波路を作成してもよい。

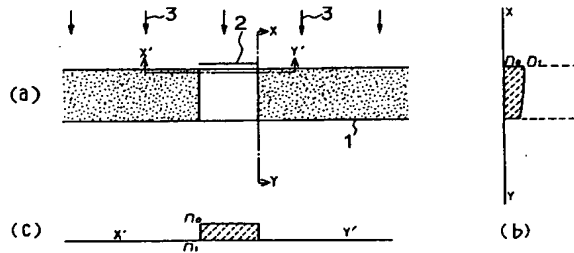
#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は従来の光導波路の製造方法を説明する図であつて、第1図(a)は従来の光導波路の断面図、第1図(b)は同光導波路の深さ方向の屈折率分布を示す図、第1図(c)は同光導波路の幅方向の屈折率分布を示す図、第2図はキャスト溶液の蒸発時間

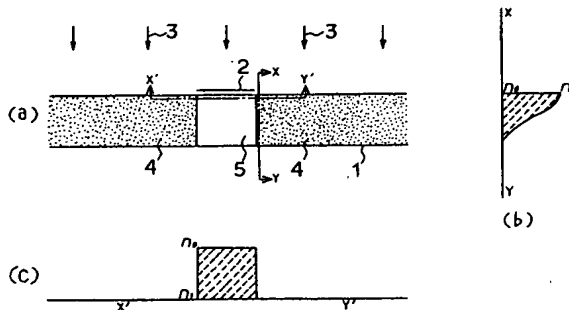
に対する屈折率変化を示す図、第3図は前記蒸発時間を短くした場合の屈折率変化を説明する図であつて第3図(a)は光導波路の断面図、第3図(b)は深さ方向の屈折率分布を示す図、第3図(c)は幅方向の屈折率分布を示す図、第4図は光の照射量と光重合率の関係を示す図、第5図はこの発明の実施例の1過程を説明する断面図、第6図(a)、(b)は同過程で得られるフィルムの屈折率分布を示す図、第7図(a)はこの発明の実施例に使用されるマスク板のマスクパターンを示す図、第7図(b)は同マスク板の光透過特性を示す図、第8図はこの発明の実施例の他の1過程を説明する断面図、第9図(a)は前記実施例によつて製作された光導波路の断面図、第9図(b)は同光導波路の深さ方向の屈折率分布を示す図、第9図(c)は同光導波路の幅方向の屈折率分布を示す図である。

10：キャスト容器、12：紫外線露光装置、  
13：紫外光、14：フィルム膜、  
15：マスク板、16：マスクパターン。

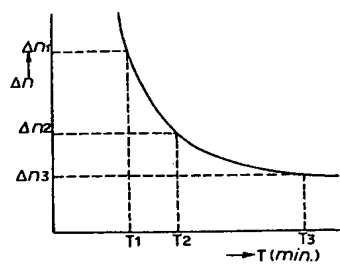
第1図



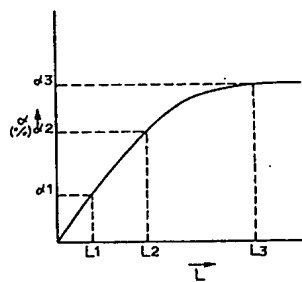
第3図



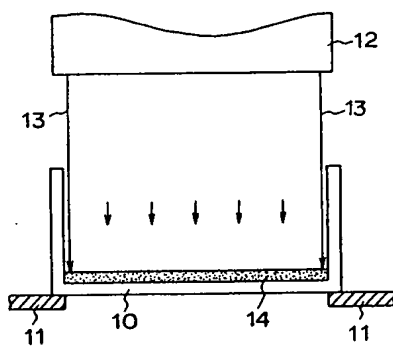
第2圖



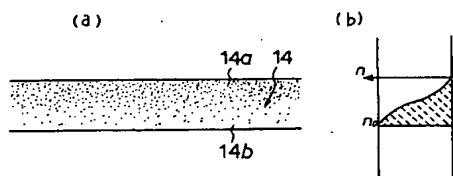
第4圖



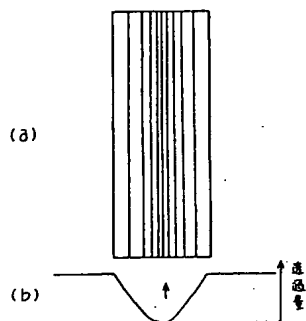
第5圖



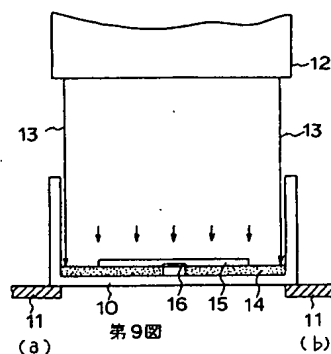
第6圖



第7圖



第8圖



第9圖

